CAMPO GEOMAGNETICO TERRESTRE

Discussione sul campo geomagnetico e sulla Propagazione

Introduzione

La terra e' composta da:

- Crosta solida
- Mantello semi solido
- Ferro liquido esterno al nucleo
- Ferro solido interno al nucleo

Il campo magnetico della terra deriva dalla combinazione di tre sorgenti:

- 97-99% Campo magnetico principale, generato dalle correnti elettriche nello strato di ferro liquido esterno al nucleo
- 1-2% Campo magnetico superficiale che deriva dalla magnetizzazione residua delle rocce presenti nella crosta
- 1-2% Campo magnetico esterno , generato dalle particelle ionizzate nella Ionosfera

Il campo magnetico principale e' simile ad un dipolo e varia in intensita' da circa 30,000 nT in prossimita' dell'equatore a circa 60,000 nT ai poli.
La variazione secolare del campo magnetico implica una variazione di circa l'1% per anno, mentre mediamente ogni 500,000 anni, i poli magnetici si invertono.
Il campo magnetico esterno varia in una scala temporale di secondi a giorni, principalmente a causa dell'interazione solare. Questi campi sono il risultato di un sistema di correnti ionosferiche e hanno valore variabile da frazioni di nT fino a migliaia di nT.

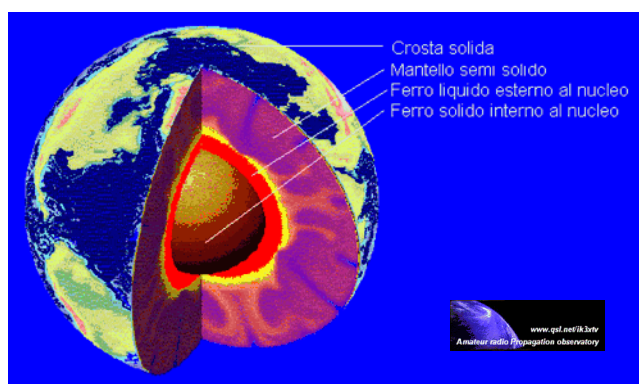
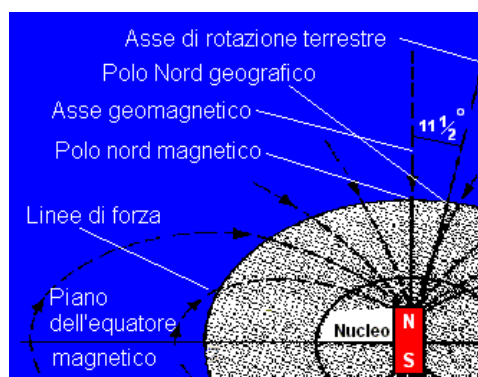



Fig.1 **Fig.2**

Fig.1:Struttura della crosta terrestre. Fig.2:Linee di forza del campo geomagnetico della terra e differenza tra i poli geografici e i poli magnetici (declinazione). I poli magnetici nord e sud non hanno lo stesso comportamento, le loro variazioni sono differenti sia come valore che come direzione, il polo nord attualmente si sposta in direzione nord-est ad una velocita' di 12 Km. per anno, mentre il sud magnetico si sposta verso nord ovest con una velocita' di circa 14 Km all'anno.

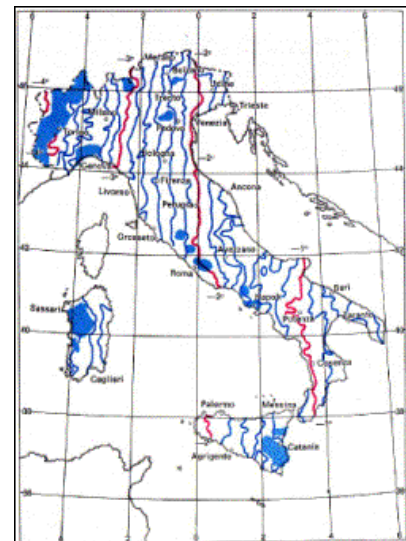
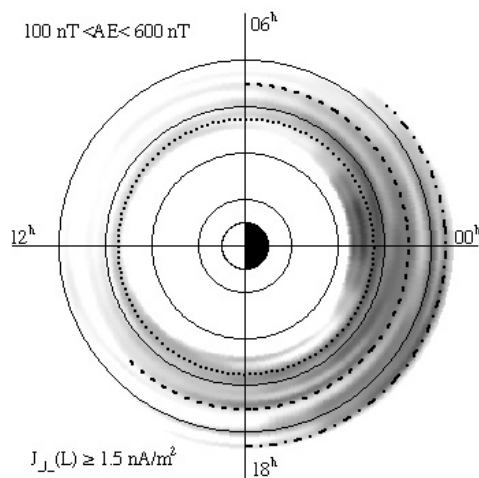
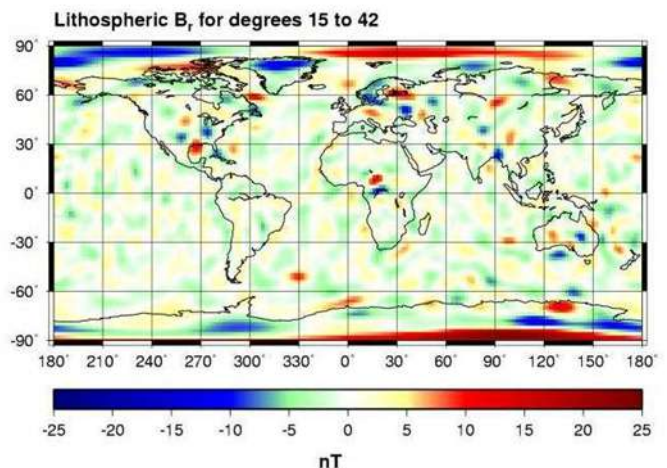
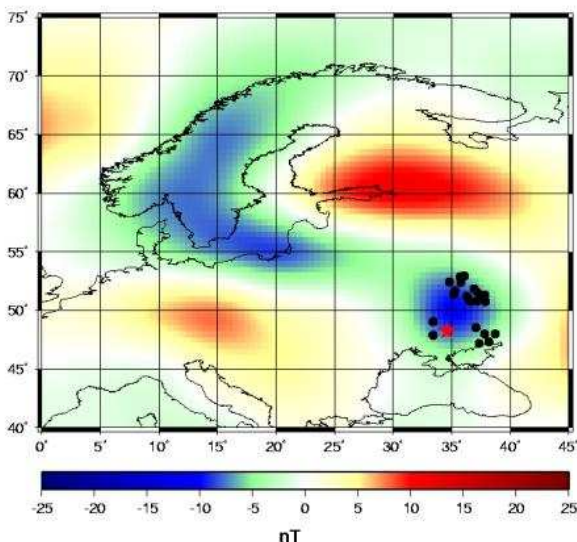
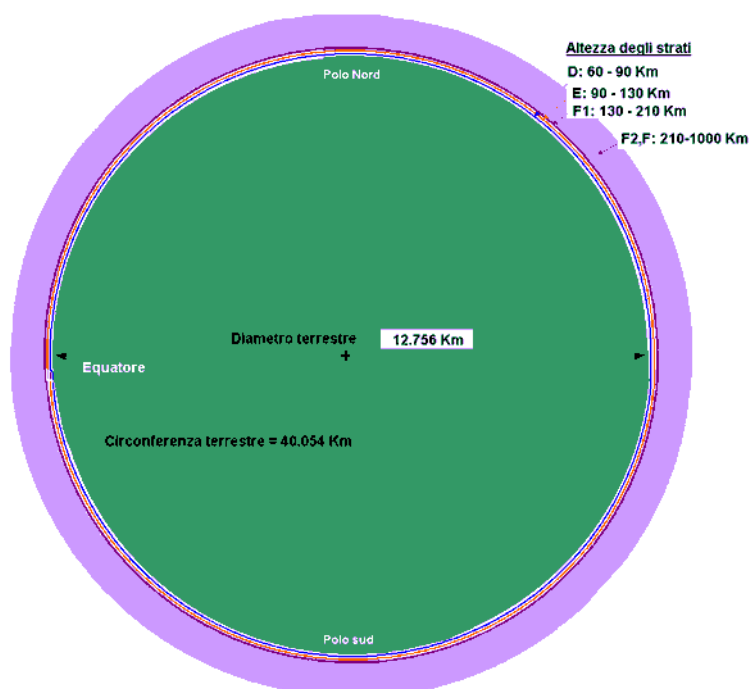
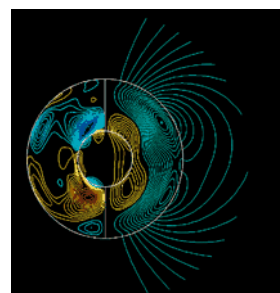
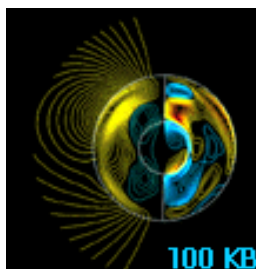
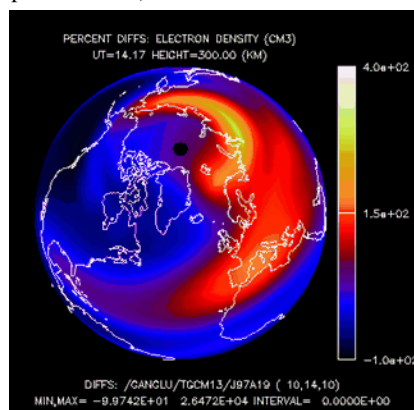
Campo magnetico terrestre

Quando si effettua la misura del campo magnetico terrestre in un determinato punto della superficie del nostro pianeta questa fornisce un valore che e' il risultato della sovrapposizione di contributi aventi origine diversa.
Questi contributi possono essere considerati separatamente e ciascuno di essi corrisponde ad un diverso campo:

*1) **Campo principale**, generato nel nucleo fluido tramite il meccanismo di geodinamo*
*2) **Campo crostale**, generato dalle rocce magnetizzate della crosta terrestre;*
*3) **Campo esterno**, generato da correnti elettriche che fluiscono nella ionosfera e nella magnetosfera come conseguenza dell'interazione tra il vento solare e il campo geomagnetico*
*4) **Campo d'induzione elettromagnetica**, generato da correnti indotte nella crosta e nel mantello dal campo esterno variabile nel tempo.*

IL campo principale rappresenta il 99% di tutto il campo magnetico osservato in superficie. Un suo studio morfologico semplice mostra come il campo sia per il 95% analogo a quello generato da un dipolo situato al centro della Terra il cui asse e' inclinato, rispetto all'asse di rotazione terrestre, di circa 11.5°. L'IGRF (International Geomagnetic Reference Field) e' un modello globale del campo geomagnetico e vuole rappresentare il contributo del solo campo principale. La parte residua all' IGRF osservata in superficie rappresentata il contributo delle anomalie del campo geomagnetico, ossia le deviazioni rispetto all'andamento teorico del campo principale. Andando piu' in dettaglio, le anomalie si possono a loro volta dividere schematicamente in anamalie regionali, aventi estensioni di migliaia di chilometri, e anomalie locali, aventi estensioni inferiori.
Per la sua geometria il campo geomagnetico terrestre ha le linee di forza entranti nella Terra nell'emisfero Nord e uscenti in quello Sud; quindi l'estremo libero di polarita' Nord (positivo)di un ago magnetico tendera' a disporsi in verticale con il suo Nord verso il basso in presenza di polo magnetico di polarita' Sud (negativo). E' comunque tradizione chiamare polo magnetico Nord terrestre semplicemente quello che si trova nell'emisfero Nord e polo magnetico Sud quello che si trova nell'emisfero Sud, in accordo con i corrispondenti poli geografici.
Il campo magnetico terrestre oltre ad avere una precisa struttura spaziale, definita principalmente dai contributi provenienti dal campo principale e da quello crostale, e' anche sottoposto a continue variazioni temporali. Queste variazioni che possono essere

di diversa natura, sono suddivise in due classi principali: variazioni a lungo e a breve termine. Le prime, generalmente indicate con il nome di variazione secolare, sono dovute all'azione delle sorgenti profonde interne alla Terra, le stesse che generano il campo principale, e hanno un tempo caratteristico minimo variabile tra 5 e 10 anni; le seconde, variazioni a breve termine, sono di origine esterna al nostro pianeta e presentano tempi caratteristici della durata inferiore a qualche anno.
L'unita' di misura del campo per convenzione internazionale e' abitualmente espressa in termini del vettore d'induzione B. La sua unita' nel Sistema Internazionale (SI) e' il tesla (T), ma nella pratica viene usato un suo sottomultiplo, il nT (10^9 T). Sulla sperficie terrestre, il valore del campo varia in intensita', dall'equatore ai poli, da circa 20000 nT a 70000 nT.
Un modo comune di descrivere il campo magnetico terrestre e' quello di graficare, in corrispondenza della superficie terrestre, i differenti elementi magnetici, quali ad esempio l'intensita' totale o la declinazione del campo. Si ottengono in questo modo le carte isomagnetiche cioe' mappe in cui punti di uguale intensita' sono uniti attraverso delle linee chiuse. Il nome di queste carte varia ovviamente a seconda dell'elemento magnetico graficato, si parla di carte isocline nel caso in cui vengano riportati i valori dell'inclinazione, di carte isodinamiche qualora sia graficata una qualunque componente intensiva (X, Y, Z, H, F) del campo ed infine di isogone nel caso della declinazione.

Testo di Paola De Michelis

L'IGRF (International Geomagnetic Reference Field) è un modello globale del campo geomagnetico e vuole rappresentare il contributo del solo campo principale. La parte residua all'IGRF osservata in superficie rappresenta il contributo delle anomalie del campo geomagnetico, ossia le deviazioni rispetto all'andamento teorico del campo principale. Andando più in dettaglio, le anomalie si possono a loro volta dividere schematicamente in anomalie regionali, aventi estensioni di migliaia di chilometri, e anomalie locali, aventi estensioni inferiori.
Per la sua geometria il campo geomagnetico terrestre ha le linee di forza entranti nella Terra nell'emisfero Nord e uscenti in quello Sud; quindi l'estremo libero di polarità Nord (positivo) di un ago magnetico tenderà a disporsi in verticale con il suo Nord verso il basso in presenza di polo magnetico di polarità Sud (negativo). E' comunque tradizione chiamare polo magnetico Nord terrestre semplicemente quello che si trova nell'emisfero Nord e polo magnetico Sud quello che si trova nell'emisfero Sud, in accordo con i corrispondenti poli geografici.

Geofisica crostale
Lo studio delle anomalie magnetiche, ovvero delle irregolarità del campo magnetico terrestre di origine crostale, costituisce un metodo geofisico di enorme utilizzo per le indagini sulla struttura profonda di una determinata zona.
Una mappa di anomalie magnetiche è il risultato della somma dei campi magnetici associati alla magnetizzazione delle sorgenti presenti nella crosta terrestre. Tecniche geofisiche, come la magnetometria a terra o l'aeromagnetismo, associate all'analisi delle anomalie, permettono di ricavare informazioni sulla distribuzione nel sottosuolo di corpi magnetizzanti. Il metodo magnetico come mezzo di esplorazione trova le sue origini dagli studi delle anomalie individuate in mare, legate all'espansione dei fondali oceanici (v. figura). Oggi questo metodo viene largamente impiegato sia su vasta scala per studi a carattere regionale che in indagini ad alta risoluzione a scopi minerari, archeologici, tettonici, vulcanici.
Il campo magnetico terrestre dovrebbe infatti crescere regolarmente da 0,28 oersted all'Equatore a 0,71 oersted ai poli magnetici. In realtà tra questi due valori estremi il campo magnetico si distribuisce in modo non sempre prevedibile proprio per la presenza di anomalie di origine ancora poco nota e per le oscillazioni di cui si è parlato nel primo paragrafo. Per tale motivo lo studio delle anomalie magnetiche è riferito ad un campo magnetico normale regionale, cioè ben definito per una zona di ampiezza limitata.
Le anomalie più intense e localizzate sono quelle provocate da giacimenti di materiale ferromagnetico, da rocce intrusive ed effusive ricoperte da depositi sedimentari, dal basamento cristallino. Per valutare l'intensità di queste anomalie bisogna sottrarre dalla misura sul terreno, oltre al campo normale regionale, anche le oscillazioni periodiche

La variazione diurna
La variazione diurna è la variazione del campo magnetico piu' caratteristica. Osservando le regitrazioni di un osservatorio si e' notato una periodicita' giornaliera nelle tre componenti del campo. L'ampiezza della variazione e' dell'ordine di qualche decina di nT, ma dipende dalla latitudine dell'osservatorio in esame (aumenta all'aumentare della latitudine). A volte la variazione diurna e' mascherata da variazioni irregolari che in parte la deformano. La variazione diurna media (calcolata su giorni quieti) viene chiamata S_q (solar quiet, solar indica che essa procede con il tempo locale, quiet che è caratteristica di una situazione di assenza di perturbazioni).

L'ampiezza della Sq presenta un andamento stagionale con un massimo e un minimo rispettivamente nell'estate e nell'inverno locali alle alte e medie latitudini, e con un massimo agli equinozi nella zona intertropicale per H e Z.
Inoltre l'ampiezza dipende dalla fase del ciclo delle macchie solari.
La variazione diurna è generata da un sistema costituito da due grandi vortici di corrente elettrica nella ionosfera nell'emisfero illuminato dal Sole, uno in ciascun emisfero percorsi in senso opposto (verso antiorario nell'emisfero Nord, orario emisfero Sud). I centri di questi vortici si trovano alle latitudini di circa 40° e molto vicini al meridiano del Sole.
Questi campi magnetici locali, per certi aspetti, sono l'analogo delle anomalie magnetiche terrestri. Ad una distanza di 400 km le più grandi anomalie magnetiche della Terra (rilevate dai satelliti) possono provocare una variazione dell'intensità del campo di ± 10 nT (nanotesla). Per confronto, il campo geomagnetico sull'equatore magnetico ha un'intensità di 3·104 nT. A parità di quota la più intensa anomalia marziana (presente nella regione di terra Sirenum fra 120°-210° W e 30°-85° S), ha una variazione di ± 200 nT: un valore 20 volte superiore a quello terrestre. Questo campo magnetico è sufficientemente intenso da deviare il vento solare e dare luogo ad una magnetosfera.

Bibliografia:
Magnetic Field and Induction Studies Department of Geomagnetism Institute of Geophysics